



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

O isolamento térmico em coberturas metálicas e sua importância para o conforto térmico dos usuários

Rafael Gustavo Mansani

PPGEP – UTFPR Ponta Grossa

Antonio Augusto de Paula Xavier

PPGEP – UTFPR Ponta Grossa

Resumo: As temperaturas médias no Brasil são relativamente altas no verão e frias no inverno, e isso proporciona um elevado desconforto térmico em residências, escritórios, fábricas, escolas e demais ambientes, especialmente durante os meses mais quentes. O isolamento térmico pode ser feito de várias formas. Com ele, é possível manter uma sensação térmica mais agradável dentro de uma construção, seja em épocas muito quentes, seja em estações mais frias. A cobertura de uma edificação recebe grande incidência de raios solares, o que é responsável por grande parte do aquecimento. O uso de telhas termoacústicas é uma das ações essenciais para o isolamento térmico de uma construção. Sendo assim, é interessante estudar de que forma o uso do isolamento térmico influencia o conforto térmico das edificações e o interesse comercial do investimento neste sistema de isolamento. Com este trabalho, pretende-se uma revisão de literatura para analisar a os atuais estudos que consideram como os diferentes tipos de isolamento térmicos em coberturas metálicas exerce sobre o desempenho térmico, principalmente sobre o conforto térmico dos ocupantes. Uma revisão teórica foi conduzida, resultando em onze trabalhos relacionados ao tema. Os resultados indicam haver uma grande concentração de estudos relacionados ao conforto térmico para habitações de animais, indicando uma oportunidade de pesquisa.

Palavras-chave: Isolamento térmico, Coberturas metálicas, Desempenho térmico.

Thermal insulation of metallic roofs and their relevance for the thermal comfort of users

Abstract: The average temperature in Brazil is often high on the summer and cold in the winter, which leads to thermal discomfort in residences, office buildings, factories, schools and other environments, especially during the warmest months of the year. Thermal insulation can be conducted in several manners. It is possible to employ it to keep a pleasant thermal sensation inside buildings, whether on warm or cold periods. The roof of a building gets high grades of sunshine, which is one of the main heating sources. The use of thermoacoustic shingles is one of the essential methods one can employ for thermal insulation. It is then relevant to study in which manners the use of thermal insulation impacts on the thermal comfort of buildings, considering the commercial interest of adopting such techniques. This paper consists of a literature review to analyze current studies that consider how the distinct kinds of thermal insulation material for metallic roofs exert influence on the thermal performance, especially on the thermal comfort of the users. A theoretical review was conducted, resulting in seven papers directly related to the topic. The results indicate that there is a

great concentration of papers related to thermal comfort for livestock, thus indicating an opportunity for research when it comes to human use.

Keywords: Thermal Insulation, Metallic Shingles, Thermal performance

1. Introdução

O organismo humano tem mecanismos de defesa contra o calor que são mecanismos termorreguladores. Eles promovem várias ações no corpo humano, dentre elas o suor, que quando é evaporado, fornece sensação de frescor ao corpo.

As trocas de energia sob forma de calor que ocorrem entre o ser humano e o ambiente realizam-se pelos mecanismos de condução, convecção, radiação e evaporação (COSTA, 2015). Classificam-se os mecanismos de trocas térmicas em: trocas secas, sendo estas, a condução, a convecção e a radiação e as trocas úmidas, a evaporação (CAMARGO; FURLAN, 2011; LAMBERTS et al., 2016b). O calor trocado com o meio ambiente por meio das trocas secas é chamado de calor sensível, e apresenta-se em função das diferenças existentes de temperatura entre o corpo humano e o ambiente. Por sua vez, o calor perdido por meio das trocas úmidas é chamado de calor latente e compreende mudança de fase, onde o suor, líquido, passa para o estado gasoso por meio da evaporação (LAMBERTS et al., 2016b).

Estas avaliações são realizadas pelos técnicos e o resultado possibilita o cálculo da percepção do conforto térmico. A condição homeotérmica (mesma temperatura) do corpo humano possibilita através de mecanismos fisiológicos a tentativa da manutenção da temperatura interna ideal mesmo diante de agressões ambientais.

As temperaturas médias no Brasil são relativamente altas no verão e frias no inverno, e isso pode proporcionar desconforto térmico em residências, escritórios, fábricas, escolas e demais ambientes, especialmente durante os meses mais quentes. Com isso, faz-se necessários projetos que possibilitem a troca do ar interno dos ambientes, geralmente sistemas de ventilação cruzada. Quando as soluções arquitetônicas não são bem planejadas e executadas, é necessário investir em sistemas de refrigeração, que podem representar um aumento significativo no consumo de energia elétrica. Uma solução para evitar esses problemas é investir em isolamento térmico.

O conforto térmico tem sido durante as últimas décadas, objeto de muitas pesquisas na tentativa de melhor se compreender como essa situação pode ser atingida, de que maneira ela se processa, quais as variáveis que envolvem, quais são os índices mais relevantes, quais seus efeitos sobre a saúde e produtividade humana e também quais os fatores que a ela podem ser relacionados (FANGER, 1972; GRIEFAHN et al., 2001).

As normas NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2008) prescrevem que a edificação deve reunir características que atendam às exigências de conforto térmico dos usuários, em relação às condições climáticas da região de implantação da obra. O desempenho térmico da edificação vai depender da interação térmica e de massa adequada entre fachada, cobertura e piso e o meio externo. As normas sugerem valores máximos e mínimos de temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada.

O termo isolamento térmico surgiu da capacidade que alguns materiais têm de serem isolantes, ou seja, de interferir na troca de calor. Isso ocorre porque tais substâncias apresentam um baixo coeficiente de condutibilidade de calor e uma boa conservação das propriedades com o passar do tempo.

Segundo Peralta (2006), estudos mostram a relevância da inércia térmica da edificação no seu desempenho térmico, considerando locais que apresentam alta variação da temperatura do ar durante o dia. Nesse caso, a inércia térmica da edificação contribui para

o amortecimento da amplitude diária da temperatura do ar interno em relação à amplitude do ar externo e pode contribuir ainda, na redução da temperatura máxima do ar interno.

Segundo Gabrielli (2014), isolantes térmicos são materiais ou uma combinação de diferentes materiais que restringem o fluxo de calor em uma edificação, aumentando extremamente sua inércia térmica. Vários são os parâmetros que devem ser considerados na escolha de um isolante térmico para a utilização em edificações tais como: custo, facilidade de manuseio, segurança, durabilidade, absorção acústica, impacto ao meio ambiente e disponibilidade do material.

Além disso, a temperatura interna das edificações sofre considerável influência de fontes internas (cargas térmicas oriundas de equipamentos, iluminação artificial, pessoas etc.) e externas (variáveis climatológicas, especialmente a temperatura do ar e a radiação solar). O telhado, em virtude de sua intensa exposição à radiação solar, durante todo o dia, tem uma importância significativa no desempenho térmico de edificações térreas.

O isolamento térmico impede que o ambiente perca ou ganhe calor do exterior e fique resfriado quando as temperaturas externas estão baixas, ou que fique aquecido quando as temperaturas externas estão elevadas. Isso tem como objetivo garantir um ambiente mais termicamente confortável e saudável.

Ademais, ele gera diversas vantagens às construções, sejam elas residenciais, sejam elas comerciais ou industriais. O principal benefício é o fato de reduzir e retardar a troca de calor do ambiente interno com o externo.

Dentre os componentes de uma edificação, a cobertura é o elemento mais importante em relação ao ganho de calor interno. O bom desempenho de uma cobertura está relacionado às propriedades termo físicas do material empregado e a capacidade térmica do sistema de cobertura em relação às condições climáticas locais.

Diversos autores já atestaram a importância do material utilizado na cobertura de ambientes, seja relativo às suas qualidades de reflexão da luz solar ou a sua capacidade de redução dos indicadores térmicos. No contexto brasileiro, devido às condições geográficas específicas, procura-se combater os efeitos do desconforto térmico especialmente causados pelo calor (FONSECA, 2011).

Ademais, estudos datados da década de 1986 já discutiam como a cobertura metálica de uma edificação pode contribuir para o aumento de sua temperatura interna (RIVEIRO, 1986). Nestes casos, após a ocupação do edifício são necessárias adoções de medidas que minimizem o ganho térmico do edifício, como a arrefecimento interior e/ou instalação de isolantes térmicos nas coberturas e algumas vezes nos fechamentos laterais do edifício.

O uso de telhas termoacústicas é uma das ações principais para o isolamento térmico de uma construção. Existem telhas diferenciadas, como as que são fabricadas com poliestireno expandido, poliuretano rígido ou demais tipos de materiais isolantes. A telha de poliuretano rígido, também conhecida como telha sanduíche, é uma junção do aço com poliuretano.

A literatura é rica em trabalhos acadêmicos voltados ao estudo do desempenho térmico de ambientes, de acordo com as composições das coberturas. De Oliveira et al. (2015), por exemplo, analisaram o desempenho térmico de telhas térmicas e telhas de alumínio, descobrindo que o uso de coberturas térmicas minimiza a diferença de amplitude térmica ao longo do dia.

Outros autores, tais como Valadares et al. (2018) analisaram o aspecto da pintura de telhados de fibrocimento. Os resultados de sua pesquisa apontaram que a pintura externa da cor branca impacta diretamente na temperatura do ambiente estudado.

Desta forma, é justificável a curiosidade acerca do desempenho dos isolantes térmicos mais utilizados no mercado da construção civil e em coberturas metálicas quando utilizadas em diferentes soluções construtivas, especialmente ao se considerar que os materiais componentes das coberturas e sua geometria contribuem para o ganho térmico do interior de uma edificação e o conhecimento do seu comportamento térmico pode contribuir para a melhoria da qualidade do ambiente interno de edificação estruturada em aço.

Dado o exposto, levanta-se a seguinte questão de pesquisa que servirá de norte para a realização deste trabalho: Dentre os diversos tipos de isolamento térmico em telhas metálicas existentes, qual o potencial de diferença entre eles que afetarão diretamente o conforto térmico humano nos diversos tipos de isolamento térmico em cobertura metálica?

A próxima seção apresenta a metodologia utilizada na revisão teórica, seguido de um breve referencial teórico acerca da temática. Após essa apresentação, são apresentados e discutidos os resultados da revisão de literatura, e apresentadas as conclusões.

2. Metodologia

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados científicas, dos termos em inglês e português, relativos ao problema abordado por este trabalho, resultando em 1958 trabalhos acadêmicos. O Quadro 1 demonstra a combinação de palavras pesquisadas, as bases de dados e o número de trabalhos científicos encontrados e considerados neste estudo.

Quadro 1 – Combinação de palavras para revisão bibliográfica

Combinação	ScienceDirect	Scopus	Web of Science	SciELO
“thermal insulation” AND “shed”	30	209	44	-
“thermal performance” AND “shed”	297	373	75	-
“thermal comfort” AND “shed”	38	344	91	-
Isolamento térmico	-	-	-	39
Desempenho térmico	-	-	-	73
Conforto térmico	-	-	-	345

Fonte: Autoria própria

O primeiro critério utilizado como filtragem, foi a escolha de um recorte temporal limitando os achados ao ano de 2011, devido à quantidade de trabalhos acadêmicos publicados na área, e à possibilidade de manter a teoria deste trabalho mais atualizada possível.

A seguir, para assegurar a qualidade dos trabalhos encontrados e que fariam parte do portfólio para análise final, o Methodi Ordinatio (PAGANI et al., 2015) foi utilizado como primeiro critério de escolha dos artigos.

O próximo filtro adotado consistiu na leitura dos títulos, resumos e palavras-chave do portfólio de artigos. Foram considerados apenas trabalhos acadêmicos que se correlacionaram ao tema explorado de desempenho térmico, principalmente relacionado ao aspecto de conforto térmico dos ocupantes. O resumo do portfólio final para análise e os trabalhos excluídos em cada fase está detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Filtros para revisão bibliográfica

CrITÉRIOS para exclusão	Quantidade de documentos
Pesquisa nas bases de dados	1958
Filtro 1 - Recorte temporal	1349
Filtro 2 - Aplicação do <i>Methodi Ordinatio</i>	371
Filtro 3 - Leitura de títulos, resumos e palavras-chave	68
Portfólio final considerado	11

Fonte: Autoria própria

O portfólio final de artigos foi então analisado quanto às seguintes características:

- a. A tipologia do isolante utilizado no estudo;
- b. Os resultados das simulações realizadas;
- c. As variáveis utilizadas para realização dos estudos.

De posse destas informações, tornou-se possível explorar a literatura e trazer os resultados, conforme objetivo deste trabalho.

3. Referencial Teórico

O organismo do ser humano é um sistema termodinâmico que produz calor constantemente e interage continuamente com o ambiente para conseguir o balanço térmico. Existe uma constante troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente que é regida pelas leis da física é influenciada por mecanismos de adaptação fisiológica, por condições ambientais e por fatores individuais. A sensação de conforto térmico está relacionada com o esforço realizado pelo organismo para manter o balanço térmico entre o corpo humano e o meio ambiente.

Os índices de conforto podem ser divididos em dois grandes grupos: os que estão baseados no balanço de calor e os que possuem uma abordagem adaptativa. O princípio da teoria adaptativa estabelece que ao ocorrer uma mudança de temperatura que produz desconforto, as pessoas reagem de maneira a tentar restaurar seu conforto, por meio de ajustes comportamentais, fisiológicos e psicológicos. (ASHRAE, 2004).

A sensação de bem-estar térmico está ligada ao equilíbrio térmico do corpo humano, trabalho este desenvolvido pelo sistema termorregulador humano. Isso quer dizer que quanto maior for o esforço desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto. O ambiente propicia uma sensação de satisfação de conforto térmico e com isso torna-se necessário o estabelecimento de critérios e valores de referência para a correta avaliação do ambiente térmico proporcionado pela edificação.

Quantificando as reações do organismo frente às variações térmicas do ambiente, buscou-se a estruturação de índices e/ou sistemas de avaliação que expressassem esta relação

de causa e efeito, graduadas de acordo com a sensação de conforto ou desconforto térmico manifestada, relacionando-se tais graduações com os parâmetros físicos ambientais.

Enquanto o modelo de balanço de calor é capaz de explicar alguns graus de comportamento adaptativo, como mudar algumas roupas ou ajustar a velocidade do ar no local, este ignora a dimensão psicológica de adaptação, que pode ser particularmente importante em contextos, onde as interações entre as pessoas com o ambiente ou as diversas experiências térmicas vividas pelos indivíduos podem alterar suas expectativas e também, a sua sensação térmica de satisfação. Um contexto particular em que esses fatores desempenham papel importante é para os edifícios ventilados naturalmente (DE DEAR; BRAGER, 2002).

Quando se trata do tópico de análise de conforto térmico, é possível observar uma ampla gama de estudos relevantes e de diversos tópicos. Uma breve revisão bibliográfica do tema revela a produção de trabalhos que analisam, por exemplo, a aplicação da análise de conforto térmico em áreas rurais (TONOLI et al., 2011), o desempenho da aplicação de materiais refletivos em áreas externas de edifícios (HERNANDEZ-PEREZ, 2014), e a avaliação do conforto térmico em ambientes com chaminés solares (OLIVEIRA, CARLO, 2021).

4. Resultados e discussões

Por um longo período, vários autores têm procurado analisar aspectos relevantes no que diz respeito à interação térmica de materiais e edificações, bem como o conforto térmico dos ocupantes.

A descrição acima indica que a análise do conforto térmico pode possuir diversas abordagens, os trabalhos relativos ao conforto térmico ambiental dos usuários podem ser analisados quanto aos seguintes tópicos: (a) A tipologia dos materiais isolantes estudados pelos autores; (b) Os resultados obtidos por estudos similares, quanto aos materiais de melhor ou pior desempenho e (c) As variáveis utilizadas na avaliação dos materiais. O resumo dos estudos encontrados e resultados obtidos está apresentado no Quadro 2:

Para compor o estudo de Tonoli et al. (2011), foram escolhidas telhas sem amianto reforçadas com polpa de celulose de sisal com adição de fibras de polipropileno, telhas corrugadas de cimento amianto, cerâmicas e à base de cimento reforçadas com polpa de celulose. O método do fio quente paralelo foi o utilizado pelos autores, e as variáveis analisadas foram a condutividade e difusividade térmicas e temperatura de superfície inferior da telha. Seus resultados apontam as telhas de cimento reforçadas com polpa de sisal como as possuidoras de melhores propriedades térmicas em temperatura ambiente, enquanto as reforçadas com polpa de sisal e fibras de polipropileno apresentaram melhor desempenho térmico a 60°C.

O estudo de de Abreu et al. (2011) analisou sete tipos diferentes de telhas, a saber: Telha Coppo Venneto Ondulada Cinza, Telha Coppo Venneto Ondulada Marfim, Telha Plana Marfim, Telha Plana Cinza, Telha de Barro Colonial esmaltada, Telha Ondulada de Cimento Amianto e Telha de Barro Francesa. Imagens termográficas da superfície das telhas foram gravadas a fim de analisar a sua temperatura superficial, e o procedimento utilizado para coleta de dados escolhido foi o MIXED do SAS. Seus resultados indicam que as telhas com coloração marfim obtiveram melhores valores de temperatura superior e inferior que as telhas de coloração cinza.

Fonseca et al. (2011) analisou o conforto térmico de três tipos de telhas: telha de zinco, telha de cimento amianto, e telha de cimento amianto pintada de branco. Os dados relativos a Entalpia, Carga Térmica Radiante e Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade foram coletados e as médias dos três tipos foram comparadas através do teste de Scott

Knott, a 1% de probabilidade. As telhas com pintura branca em sua face superior foram as que mais favoreceram o ambiente térmico da instalação.

Fiorelli et al. (2012) analisou o conforto térmico de construções rurais usadas para abrigar bezerros. Foram analisados três tipos de cobertura para a estrutura: cobertura de telhas de fibrocimento sem amianto pintadas de branco, sem nenhuma pintura e com sombrite posicionado internamente, à distância de 0,10m da face inferior da telha. Para fins de comparação, a quarta estrutura foi instalada em área sombreada e coberta por telhas de fibrocimento sem pintura. Foi utilizada termografia para a análise das coberturas, e os índices de conforto térmico e temperatura ambiente foram as variáveis consideradas. Os resultados demonstram variações significativas na temperatura e conforto térmico entre os tratamentos expostos ao sol e sombra.

Com uma abordagem distinta, Grigoletti e Linck (2014) buscaram analisar habitações de interesse social no sul do Brasil. Os autores utilizaram de coeficientes de desempenho térmico e questionários para apurar a satisfação dos usuários. As variáveis utilizadas para desempenho térmico foram coeficientes globais de ganhos e perdas de calor, condensação sobre superfícies internas e assimetria da radiação térmica, enquanto que a satisfação foi medida através da aplicação de questionários, pela escala de valores proposta pela ISO 7730. Entre os resultados, destaca-se a cobertura como elemento que mais contribui para o desempenho térmico de uma edificação.

Na mesma linha, Ponni e Baskar (2015) mediram o desempenho térmico e temperatura interna de dois tipos de isolamento: o primeiro denominado Single Decker e o segundo, um teto com isolamento híbrido denominado DOD. A medição foi então comparada com isolamentos similares, sendo possível demonstrar o método DOD como possuidor de conforto e desempenho térmico superiores. Os autores não definiram a aplicação exclusivamente para um determinado clima ou um uso específico como edificação rural ou residencial.

Ao fazer uma avaliação voltada a uma edificação de uso rural, Barnabé et al. (2015) buscaram analisar a entalpia e a carga térmica radiante de três tipos de isolamento: a palha de palmeira, telha de polímero reciclado e telha de fibrocimento. Através da comparação de médias pelo teste de Tukey, foi possível determinar que a entalpia e a carga térmica radiante diferiram estatisticamente em todos os tratamentos. Os menores valores foram apresentados pelos abrigos com cobertura de telha reciclada.

Carneiro et al. (2015) testaram quatro variedades de coberturas aplicadas a instalações rurais, sendo elas telha de fibrocimento, telha reciclada, telhado verde, grama, Zoysia japônica e telhado verde, amendoim, *Arachis repens*. Eles utilizaram de análise térmica das coberturas através de imagens termográficas, e obtiveram o conforto térmico de instalações por meio de índices de conforto, carga térmica radiante, índice de temperatura de globo negro e umidade, índice de conforto humano, índice de temperatura e umidade e temperatura efetiva. Seus resultados indicam que os telhados verdes reduziram a temperatura da superfície interna das coberturas, além de promover maior atenuação da temperatura dos ambientes e maior conforto térmico, em comparação com as demais técnicas.

Similarmente, De Oliveira et al. (2015) procuraram analisar dois modelos de galpões (telhas térmicas e telhas de alumínio) e três seções avaliadas dentro de cada galpão (inicial, central e final) em seu estudo. As variáveis medidas foram: Índice de Temperatura e Umidade, Índice de Temperatura Globo Negro e Umidade, Carga Térmica Radiante e Entalpia. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo o teste de Scott Knott, a 1% de significância. Os resultados indicam que o uso de coberturas térmicas minimiza a diferença de amplitude térmica ao longo dos diversos horários do dia.

Valadares et al. (2018) procuraram determinar o efeito que a pintura nos telhados de aviários exerce no conforto térmico e produtividade das granjas. Para isso, foram testados dois modelos de telhados de fibrocimento, com e sem pintura. A temperatura ambiente, temperatura de telhado e a carga térmica de radiação, umidade relativa e o índice de temperatura de globo negro e umidade foram as variáveis coletadas. Foi possível constatar que a pintura externa do telhado na cor branca proporcionou melhorias no interior do galpão para a temperatura ambiente, temperatura de telhado e a carga térmica de radiação.

Mais recentemente, Peng et al. (2019) procuraram medir o desempenho térmico e energético de dois tipos de telhados verdes, denominados EGR e IGR. A simulação foi feita levando em conta climas típicos da China subtropical. Foram coletados dados relativos à temperatura da superfície do telhado, temperaturas do ar à altitudes de 10cm e 150cm, fluxo de calor do telhado, e carga de aquecimento e resfriamento. Os dados foram analisados através de comparação simples, permitindo concluir que, apesar de possuir uma estrutura mais complexa, o IGR não trouxe benefícios térmicos superiores quando comparado ao controle.

5. Conclusões

Dada a relevância do tema de conforto térmico para usuários, e a aplicação de novas tecnologias para a construção de edificações, o presente trabalho buscou aprofundamento no tema de desempenho térmico com foco no conforto térmico do usuário.

O principal objetivo foi determinar dentre os diversos tipos de isolamento térmico em telhas metálicas existentes, qual o potencial de diferença entre eles que afetarão diretamente o conforto térmico humano nos diversos tipos de isolamento térmico em cobertura metálica.

Para tanto, foi conduzida uma revisão bibliográfica utilizando do *methodi ordinatio*, resultando no portfólio de onze artigos diretamente relacionados ao desempenho térmico de coberturas.

Os resultados indicam não haver muitos trabalhos relacionados ao conforto térmico do usuário para habitações urbanas, mas uma grande concentração de trabalhos focados no uso de coberturas metálicas ou outros materiais, relacionados ao uso na pecuária.

O presente trabalho contribui para a literatura ao demonstrar que o baixo número de trabalhos nessa linha pode indicar um campo promissor a ser perseguido por pesquisadores da área de desempenho térmico com foco no conforto do usuário.

Esse trabalho, no entanto, tem suas limitações. A escolha de palavras-chave pode ser considerada como uma limitadora de resultados, além de que uma análise mais abrangente pode trazer diferentes resultados, e conseqüentemente melhor exploração da literatura.

Trabalhos futuros podem explorar os resultados obtidos aqui, propondo novos métodos de análise ainda não utilizados na literatura. A análise de uma região geográfica específica também pode ser um fator a ser explorado por futuros trabalhos.

Referências

ABREU, P. G. D., ABREU, V., COLDEBELLA, A., LOPES, L. D. S., CONCEIÇÃO, V. D., & TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15, 1193-1198. 2011.

AÇOPORT disponível em: <<https://www.acoport.com.br>>. Acesso em 22 agosto 2021. 2021.

AKADIRI, P. O., Understanding barriers affecting the selection of sustainable materials in building 755 projects. **J Build Eng** 4, 86-93, 2015.

AKINDOYO, J. O. BEG, M. D. H., GHAZALI, S., ISLAM, M. R. JEYARATNAMAAND, N., YUYARAJC, A. R. Polyurethane types, synthesis and applications—a review. **RSC Advances**, 2016,6, 114453

ASHRAE, Disponível em <http://www.ditar.cl/archivos/Normas_ASHRAE/T0080ASHRAE-55-2004-ThermalEnviromCondiHO.pdf> Acessado em 15 de Abril de 2022. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 15220**:Desempenho Térmico em Edificações,Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 15575**:Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos -Desempenho,Rio de Janeiro, 2008.

BARNABÉ, J. M., PANDORFI, H., DE ALMEIDA, G. L., GUISELINI, C., & JACOB, A. L. Thermal comfort and performance Holstein/Gir calves housed in individual shelters with different covers/Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19(5), 481-489. 2015.

BELLEI, I. H. **Edifícios Industriais em Aço** -Projeto e Cálculo.5.ed.São Paulo: PINI, 2006.

BMBOX, Disponível em: <<https://www.bmbox.com.br/container-metalico.php>>. Acessado em Abril 2022.

CAMARGO, M. G.; FURLAN, M. M. D. P. Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: exercício, extremos de temperatura e doenças térmicas. **Revista saúde e pesquisa**, v. 4, n. 2, p. 278-288, 2011.

CARNEIRO, T. A., GUISELINI, C., PANDORFI, H., LOPES NETO, J. P., LOGES, V., & DE SOUZA, R. F. Primary thermal conditioning of rural installations by means of different types of cover. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19(11), 1086-1092. 2015.

COSTA, E. R. Q. M. **Influência do ambiente térmico na amplitude do sinal eeg em atividades sedentárias**. 309 f. Tese (Doutorado em Segurança e Saúde Ocupacionais) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

DE DEAR, R. J., & BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and buildings**, 34(6), 549-561. 2002

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: Analysis And Applications in Environmental Engineering**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972.

FIAIS, Bruna Barbosa; DE SOUZA, Daniel Sarto. Construção sustentável com tijolo ecológico. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 2, n. 1, 2017.

FIORELLI, J., SCHMIDT, R., KAWABATA, C. Y., DE OLIVEIRA, C. E. L., SAVASTANO JR, H., & ROSSIGNOLO, J. A. Thermal efficiency of fiber cement corrugated sheets applied to individual housing for calves exposed to sun and shade/Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e a sombra. **Ciência Rural**, 42(1), 64-68. 2012.

FONSECA, P. C. D. F., ALMEIDA, E. A. D., & PASSINI, R. Thermal comfort indices in individual shelters for dairy calves with different types of roofs. **Engenharia Agrícola**, 31(6), 1044-1051. 2011.

GABRIELLI, A. L. A. N. **Isolamento térmico e conforto ambiental em edifícios residenciais na Região Sudeste do Brasil**. Centro Universitário Belas Artes de São Paulo Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2014.

GRIEFAHN, B.; KÜNEMUND, C.; GEHRING, U. Annoyance caused by draught: The extension of the draught-rating model (ISO 7730). **MOVING THERMAL COMFORT STANDARDS INTO 21 CENTURY, 2001**, Windsor. Proceedings. Windsor: Oxford Brookes University, 2001.

GRIGOLETTI, G. D. C., & LINCK, G. I. Analysis of the thermal behaviour of one-floor, single-family social housing units in Santa Maria, RS, Brazil. **Ambiente Construído**, 14, 109-123. 2014.

HERNÁNDEZ-PÉREZ, I.; ÁLVAREZ, G.; XAMÁN, J.; ZAVALA-GUILLÉN, I.; ARCE, J.; SIMÁ, E. Thermal performance of reflective materials applied to exterior building components—A review. **Energy and Buildings**. [S. l.]: Elsevier BV, set. 2014. DOI 10.1016/j.enbuild.2014.05.008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.05.008>.

INCROPERA, F.P.; DEWITT, P.D.; BERGMAN, T.L.; LAVINE, A.S. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 6ª Edição, Tradução e revisão técnica Eduardo Mach Queiroz, Fernando Pellegrini Pessoa. Rio de Janeiro: LTC, 2008, Original Inglês. 2018.

INGRAO, C., MESSIENO, A., BELTRAMO, R., YIGITCANLAR, T., IOPPOLO, G. How can life cycle thinking support sustainability of buildings? Investigating life cycle assessment applications for energy efficiency and environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, 201, pp. 556-569. 2018.

ISOESTE. Disponível em <<http://www.isoeste.com.br/>> Acessado em 15 de Abril de 2022.

KAMAL, R., DUTT, T., PATEL, B. H. M., RAM, R. P., BISWAS, P., BHARTI, P. K., & KASWAN, S. Effect of roofing materials on micro-climate in loose house for animals during rainy season. **Veterinary World**, 6(8), 482. 2013.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2016b.

MAZON, A. A. O. **Ventilação natural em galpões utilizando lanternins**. Ouro Preto: UFOP, 2005. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

MARKO. Disponível em <<https://www.marko.com.br/categoria/download/catalogo-roll-on-completo/catalogo-roll-on-completo/>> Acessado em Maio de 2022.

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes**. Santa Catarina: UFSC, 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

MOLITERNO, A. **Projeto de telhados em estrutura de madeira**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

OLIVEIRA, F. G.,GODOI, W. M., & PASSINI, R. Environment in poultry production covered with thermal and aluminum roofing tiles. **Engenharia Agrícola**, 35, 206-214. 2015.

ONSETCOMPS. Disponível em: <<https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/h08-004-02/>> Acessado em 15 de Abril de 2022.

PAGANI, R.N., KOVALESKI, J.L. & RESENDE, L.M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics** 105, 2109–2135 2015.

PENG, L. L., YANG, X., HE, Y., HU, Z., XU, T., JIANG, Z., & YAO, L. Thermal and energy performance of two distinct green roofs: Temporal pattern and underlying factors in a subtropical climate. **Energy and Buildings**, 185, 247-258. 2019.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: Análise de monitoramento e normalização específica**. São Carlos: 2006.Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PERFITELHAS. Disponível em: <<https://www.perfitelhaspg.com.br>>. Acesso em 22 agosto 2021.

PINHO, F. O. **Galpões em Pórticos de Aço**. Construção Metálica, n.70, Mai-Jun, 2005.

PONNI, M., & BASKAR, R. Comparative study of different types of roof and indoor temperatures in tropical climate. **International Journal of Engineering and Technology**, 7(2), 530-536. 2015.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2.Ed., Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores, 1986.

SANTOS, A. F. **Estruturas Metálicas - Projeto e Detalhes para Fabricação**. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1977.

TOLA A. **Bio-construction and Renewable Raw Materials: The Case of Cork**. In: R. Salomone, G. 948Saija, (eds.) Pathways to Environmental Sustainability – Methodologies and Experiences, Cham: 949Springer, pp. 137-146.

TONOLI, G. H. D.; SANTOS, S. F. dos; RABI, J. A.; SANTOS, W. N. dos; SAVASTANO JUNIOR, H. Thermal performance of sisal fiber-cement roofing tiles for rural constructions. **Scientia Agrícola**. [S. l.]: FapUNIFESP (SciELO), fev. 2011. DOI 10.1590/s0103-90162011000100001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000100001>. 2011.

TOKUSUMI, A. T. G., & FOIATO, M. Análise de desempenho termoacústico de telhas. **Conhecimento em Construção**, 6, 35-48. 2019.

TRENTO, Daniel G.; TRENTO, Tician PW; GONZALEZ-CRUZ, Eduardo Manuel. ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE SISTEMA DE COBERTURA PARA

AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO EM ZONAS SUBTROPICAIS. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, p. 1-8, 2020.

VALADARES, L. R., MOREIRA, J., DALÓLIO, F. S., GUIMARÃES, M. C. D. C., TINÔCO, I. D. F. F., VAZ, D. P., ... & ALBINO, L. F. T. Effect of roof painting of aviaries on thermal comfort, productive performance and physiological variables of broilers chickens. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 19, 336-346. 2018.

ANEXO

Autores	Tipologia	Resultados obtidos	Variáveis empregadas
Tonoli et al. (2011)	(i) Telhas sem amianto reforçadas com polpa de celulose de sisal com adição de fibras de polipropileno, (ii) telhas corrugadas de cimento amianto, cerâmicas e à base de cimento reforçadas com polpa de celulose.	(i) Telhas de cimento reforçadas com polpa de sisal são as melhores para temperatura ambiente; (ii) Telhas reforçadas com polpa de sisal e fibras de polipropileno são as melhores para temperaturas de 60°C.	(i) Condutividade e difusividade térmica; (ii) Temperatura de superfície inferior da telha.
Abreu et al. (2011)	(i) Telha Coppo Venneto Ondulada Cinza, (ii) Telha Coppo Venneto Ondulada Marfim, (iii) Telha Plana Marfim, (iv) Telha Plana Cinza, (v) Telha de Barro Colonial esmaltada, (vi) Telha Ondulada de Cimento Amianto e (vii) Telha de Barro Francesa.	Telhas com coloração marfim obtiveram melhores valores.	Temperatura superficial.
Fonseca et al. (2011)	(i) Telha de zinco, (ii) Telha de cimento amianto, e (iii) Telha de cimento amianto pintada de branco.	Telhas com pintura branca em sua face superior foram as que mais favoreceram o ambiente térmico da instalação.	(i) Entalpia, (ii) Carga Térmica Radiante e (iii) Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade.
Fiorelli et al. (2012)	(i) Telhas de fibrocimento sem amianto pintadas de branco, (ii) Sem nenhuma pintura e (iii) Com sombrite posicionado internamente.	Variações significativas na temperatura e conforto térmico entre os tratamentos expostos ao sol e sombra.	(i) Índices de conforto térmico e (ii) Temperatura ambiente.
Grigoletti e Linck (2014)	Habitações de interesse social.	A cobertura é o elemento que mais contribui para o desempenho térmico de uma edificação.	(i) Coeficientes globais de ganhos e perdas de calor, (ii) Condensação sobre superfícies internas e (iii) Assimetria da radiação térmica; (iv) Satisfação.
Ponni e Baskar (2015)	(i) Single Decker e (ii) DOD.	Método DOD possui resultados superiores.	(i) Desempenho térmico e (ii) temperatura interna.